

Method and circuit for the temperature compensation of a hall element

Patent number: CH663686
Publication date: 1987-12-31
Inventor: POPOVIC RADIVOJE; BERCHIER JEAN-LUC
Applicant: LANDIS & GYR AG
Classification:
- international: H01L43/06; H01L43/04
- european: H01L43/04; H01L43/06B
Application number: CH19840001939 19840418
Priority number(s): CH19840001939 19840418

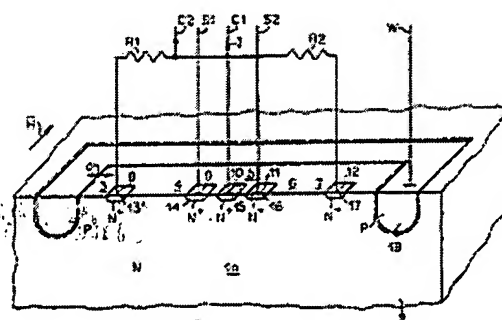
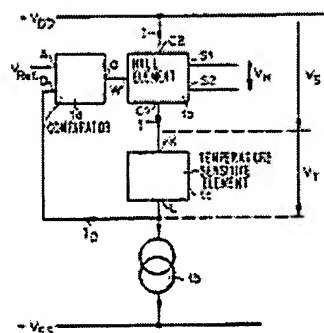
Also published as:

EP0162214 (A1)
US4634961 (A1)
EP0162214 (B1)

Abstract not available for CH663686

Abstract of corresponding document: **US4634961**

A circuit for providing temperature compensation to a Hall element is disclosed. The temperature compensation circuit is used to generate control signals which act on the effective thickness of the current channel of the Hall element in a manner so as to oppose changes in the effective thickness of the current channel produced by temperature variations.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

11 CH 663 686 A5

51 Int. Cl.⁴: H 01 L 43/06
H 01 L 43/04

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 1939/84

22 Anmeldungsdatum: 18.04.1984

24 Patent erteilt: 31.12.1987

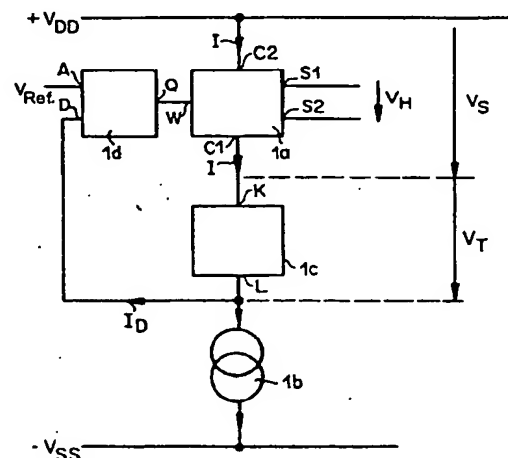
45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.12.1987

73 Inhaber:
LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug

72 Erfinder:
Popovic, Radivoje, Zug
Berchier, Jean-Luc, Menzingen

54 Verfahren und Schaltung zur Temperaturkompensation eines stromgespeisten Hallelementes.

57 Die Schaltung zur Temperaturkompensation eines stromgespeisten Hallelementes (1a) enthält eine Stromquelle (1b), einen Kompensations-Schaltkreis (1c) und eine Regelschaltung (1d). Die Spannung am Istwert-Eingang (D) der Regelschaltung (1d) enthält mindestens einen im Hallelement (1a) durch einen Speisestrom (I) erzeugten Spannungsabfall (V_S). Der Ausgang (Q) der Regelschaltung (1d) ist mit einer Steuerelektrode (K) des Hallelementes (1a) verbunden, deren Spannung auf die wirk-same Tiefe des Hallelementes (1a) dermassen wirksam ist, dass diese annähernd konstant gehalten wird trotz vorhandener Temperatur- bzw. Speisestrom-Änderungen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Temperaturkompensation eines stromgespeisten Hallelementes (1a) mit Hilfe einer Regelung, deren Istwert mindestens einen im Hallelement (1a) durch einen Speisestrom (I) erzeugten Spannungsabfall (V_s) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung mit Hilfe einer Steuerelektrode (18) des Hallelementes (1a) erfolgt, die auf die wirksame Dicke (t_{eff}) des Hallelementes (1a) dermassen wirkt, dass die Empfindlichkeit (S) des Hallelementes (1a) annähernd unabhängig von der Temperatur (T) wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Istwert noch zusätzlich einen in einem temperaturempfindlichen Element durch den Speisestrom (I) erzeugten Spannungsabfall (V_r) enthält.

3. Schaltung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Regelschaltung (1d), deren Spannung am Istwert-Eingang (D) mindestens den im Hallelement (1a) durch den Speisestrom (I) erzeugten Spannungsabfall (V_s) enthält, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang (Q) der Regelschaltung (1d) mit einer Steuerelektrode (18) des Hallelementes (1a) verbunden ist und über diese Steuerelektrode (18) des Hallelementes (1a) auf die wirksame Dicke (t_{eff}) des Hallelementes (1a) dermassen wirksam ist, dass die Empfindlichkeit (S) des Hallelementes (1a) annähernd unabhängig von der Temperatur (T) ist.

4. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerelektrode (18) und alle Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 17) von anderen Elektroden (3 bis 7) des Hallelementes (1a) an der Oberfläche in einem Substrat (2) eindiffundiert sind, dass die Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 17) von der Steuerelektrode (18) ringförmig umgeben sind, dass die Steuerelektrode (18) vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp ist wie das Substrat (2) und die Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 17), dass die Steuerelektrode (18) eine grössere Diffusionstiefe besitzt als die Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 17) und dass der P/N-Übergang zwischen der Steuerelektrode (18) und dem Substrat (2) in Sperr-Richtung gepolt ist.

5. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerelektrode (18) und vier Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 16) der Elektroden des Hallelementes (1a) an der Oberfläche in einer Wanne (19) eindiffundiert sind, dass zwischen zwei parallelen und annähernd gleich langen Kontaktdiffusionsschichten (13, 15) eine annähernd gleich lange Steuerelektrode (18) parallel angeordnet ist, dass die Steuerelektrode (18) vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp ist wie die Wanne (19) und die Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 16) und dass der P/N-Übergang zwischen der Steuerelektrode (18) und der Wanne (19) in Sperr-Richtung gepolt ist.

6. Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass vier Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 16) der Elektroden des Hallelementes (1a) an der Oberfläche in einer Wanne (19) eindiffundiert sind, dass die vier Kontaktdiffusionsschichten (13 bis 16) vom gleichen Material-Leitfähigkeitstyp sind und dass zwischen zwei parallelen und annähernd gleich langen Kontaktdiffusionsschichten (13, 15) eine annähernd gleich lange Steuerelektrode (18) parallel zu den beiden Kontaktdiffusionsschichten (13, 15) auf der Oberfläche der Wanne (19) und von dieser durch eine dünne Isolationsschicht (20) getrennt als elektrisch gut leitende Schicht aufgetragen ist.

7. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelschaltung (1d) aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen (R3, R4) besteht, deren gemeinsamer Pol den Ausgang (Q) der Regelschaltung (1d) bildet und deren anderer Pol jeweils einen Sollwert- bzw. einen Istwert-Eingang (A, D) der Regelschaltung (1d) darstellt.

8. Schaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Istwert-Eingang (D) der Regelschaltung (1d) und dem zugehörigen Widerstand (R4) ein Spannungsfollower (21) geschaltet ist.

9. Schaltung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Sollwert-Eingang (A) und seinem zugehörigen Widerstand R3 eine Reihenschaltung der «Source-Drain»-Strecken von m MOS-Transistoren (T_1 bis T_m) und zwischen dem Istwert-Eingang (D) und seinem zugehörigen Widerstand R4 eine Reihenschaltung der «Source-Drain»-Strecken von n MOS-Transistoren (T_{m+1} bis T_{m+n}) geschaltet ist, wobei im letzten Fall der Istwert-Eingang (D) mit dem «Gate» des ersten der n MOS-Transistoren (T_{m+1}) und die «Source» des ersten der n MOS-Transistoren (T_{m+1}) mit einem Pol der Speisespannung (+ V_{DD} ; - V_{SS}) verbunden sind.

10. Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Werte m und n so gewählt sind, dass die Gleichung $m \cdot R_4 = n \cdot R_3$ erfüllt ist.

11. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelschaltung (1d) aus einem Differenzverstärker (23) besteht, dessen Ausgang den Ausgang (Q) der Regelschaltung (1d) bildet und dessen beide Eingänge je einen Sollwert- bzw. Istwert-Eingang (A bzw. D) der Regelschaltung (1d) darstellen.

12. Schaltung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung am Istwert-Eingang (D) noch zusätzlich einen in einem temperaturempfindlichen Element durch den Speisestrom (I) erzeugten Spannungsabfall (V_r) enthält.

13. Schaltung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das temperaturempfindliche Element ein temperaturabhängiger Widerstand (R_r) ist.

14. Schaltung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das temperaturempfindliche Element eine Reihenschaltung von in Durchlassrichtung gepolten Dioden (D_1, D_2, \dots, D_n) ist.

15. Schaltung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelschaltung (1d) nur aus einer Drahtverbindung besteht.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf eine Schaltung zur Durchführung des Verfahrens zur Temperaturkompensation eines stromgespeisten Hallelementes gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 3.

Aus der DE-OS 26 40 082 ist eine Regelschaltung zu einem Hallelement bekannt, die es gestattet, eine Temperaturkompensation des Hallelementes über einen relativ schmalen Temperaturbereich zu bewerkstelligen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schaltung zur Temperaturkompensation eines Hallelementes aufwandsökonomisch zu realisieren, die es ermöglichen, bei gleichzeitiger Linearisierung des Speisestromes über einen Strombereich in der Grössenordnung von z.B. 0,1 bis 10 mA, die Temperaturabhängigkeit der Empfindlichkeit des Hallelementes über einen relativ grossen Temperaturbereich, z.B. in der Grössenordnung von -50°C bis $+80^\circ\text{C}$, stark zu verringern, so dass ein Wert in der Grössenordnung von annähernd $\pm 0,01\%/^\circ\text{C}$ erreicht wird.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 3 angegebenen Merkmale gelöst.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeich-

nung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild einer Schaltung zur Temperaturkompensation eines Hallelementes,

Fig. 2 einen Querschnitt einer ersten Variante eines Hallelementes mit Steuerelektrode,

Fig. 3 einen Querschnitt einer zweiten Variante eines Hallelementes mit Steuerelektrode,

Fig. 4 einen Querschnitt einer dritten Variante eines Hallelementes mit Steuerelektrode,

Fig. 5 ein Schaltbild einer ersten Variante einer Regelschaltung,

Fig. 6 ein Schaltbild einer zweiten Variante einer Regelschaltung,

Fig. 7 ein Schaltbild einer dritten Variante einer Regelschaltung,

Fig. 8 ein Schaltbild einer vierten Variante einer Regelschaltung,

Fig. 9 ein Schaltbild einer ersten Variante eines Kompensations-Schaltkreises,

Fig. 10 ein Schaltbild einer zweiten Variante eines Kompensations-Schaltkreises und

Fig. 11 verschiedene Kennlinien des Hallelementes in Funktion der Temperatur.

Gleiche Bezugszahlen bezeichnen in allen Figuren der Zeichnung gleiche Teile.

Die in der Fig. 1 dargestellte Schaltung besteht aus einem Hallelement 1a, einer Stromquelle 1b, einem Kompensations-Schaltkreis 1c und einer Regelschaltung 1d. Der positive Pol $+V_{DD}$ einer Speisespannung $+V_{DD}$; $-V_{SS}$ ist mit einem Pol C2 des Stromanschlusses C1; C2 des Hallelementes 1a verbunden, während dessen anderer Pol C1 über den Kompensations-Schaltkreis 1c auf einen ersten Pol der Stromquelle 1b geführt ist, dessen zweiter Pol am negativen Pol $-V_{SS}$ der Speisespannung $+V_{DD}$; $-V_{SS}$ liegt. Der erste Pol der Stromquelle 1b ist ausserdem noch auf einen Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d geführt, deren Ausgang Q mit einem Steueranschluss W des Hallelementes 1a verbunden ist, während ihr Sollwert-Eingang A an einer Referenzspannung V_{Ref} liegt. Die Hallspannung V_H des Hallelementes 1a erscheint an zwei Sensoranschlüssen S1 und S2 des Hallelementes 1a. Der Speisestrom I des Hallelementes 1a erzeugt in diesem Hallelement 1a einen Spannungsabfall $V_{CEC1} = V_S$ und im Kompensations-Schaltkreis 1c einen Spannungsabfall V_r . Der Eingangsstrom I_D am Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d ist bedeutend kleiner als der Speisestrom I des Hallelementes 1a.

Das Hallelement 1a ist z.B. eines der Hallelemente, die in der EP 0148330 A2 beschrieben sind. In der Fig. 2 ist eines dieser Hallelemente als Beispiel dargestellt. Das in der Fig. 2 dargestellte Hallelement 1a besteht aus einem Substrat 2 eines bestimmten Material-Leitfähigkeitstyps, z.B. des Typs N. An der Oberfläche des Substrates 2 und in der Darstellung der Fig. 2 von links beginnend sind auf einer z.B. annähernd geraden Linie, nebeneinander und in der angegebenen Reihenfolge eine erste Stromteilelektrode 3, eine erste Sensorelektrode 4, eine erste Stromelektrode 5, eine zweite Sensorelektrode 6 und eine zweite Stromteilelektrode 7 angeordnet. Die beiden Stromteilelektroden 3 und 7 sind über je einen Widerstand R1 bzw. R2 mit dem Pol C2 des Stromanschlusses C1; C2 des Hallelementes 1a verbunden, während dessen anderer Pol C1 auf die erste Stromelektrode 5 geführt ist. Die beiden Stromteilelektroden 3 und 7 bilden somit zusammen die zweite Stromelektrode des Hallelementes 1a. Wenn das Hallelement 1a ein integriertes Hallelement ist, ist es vorteilhaft, die Widerstände R1 und R2 nicht wie in der

Fig. 2 dargestellt ausserhalb des Substrates 2 zu montieren, sondern sie in das Substrat 2 wie bei den Elementen einer integrierten Schaltung einzudiffundieren. Die beiden Sensorelektroden 4 und 6 einerseits und die beiden Stromteilelektroden 3 und 7 andererseits sind z.B. annähernd symmetrisch zu der zentral gelegenen ersten Stromelektrode 5 angeordnet. Die beiden Sensorelektroden 4 und 6 besitzen je einen Sensoranschluss S1 bzw. S2. Jede Elektrode 3 bis 7 besteht aus je einem Anschlusskontakt 8, 9, 10, 11 bzw. 12 und aus je einer Kontaktdiffusionsschicht 13, 14, 15, 16 bzw. 17. Alle Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 17 sind ringförmig von einer Steuerelektrode 18 umgeben, die einen Steueranschluss W besitzt. Die Steuerelektrode 18 und die Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 17 aller anderen Elektroden 3 bis 7 des Hallelementes 1a sind an der Oberfläche in dem Substrat 2 eindiffundiert. Die Steuerelektrode 18 ist vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp, d.h. vom Typ P, wie das Substrat 2 und die Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 17, die alle vom gleichen Material-Leitfähigkeitstyp sind, nämlich vom Typ N. Die Steuerelektrode 18 besitzt eine grössere Diffusionstiefe als die Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 17, die alle annähernd eine gleiche Diffusionstiefe haben und die ausserdem alle stark mit Fremdatomen dotiert sind, so dass sie vom Material-Leitfähigkeitstyp N^+ sind. Die Steuerelektrode 18 ist dermassen an einer elektrischen Spannung zu legen, dass der P/N-Übergang zwischen der Steuerelektrode 18 und dem Substrat 2 in Sperr-Richtung gepolt ist. Die dadurch entstehende Verarmungszone («Depletion layer») besitzt eine Breite d und ist in der Fig. 2 gestrichelt dargestellt. Ein mit dem Hallelement 1a zu messendes Magnetfeld H ist parallel zu der Oberfläche des Substrates 2 angeordnet, und zwar vorteilhaft senkrecht zu der Geraden, die die Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 17 miteinander verbindet. Die Arbeitsweise dieses Hallelementes 1a ist in der EP 0 148 330 A2 beschrieben.

Das Hallelement 1a kann in einer zweiten Variante das in der Fig. 3 dargestellte Hallelement sein. Dieses besteht ebenfalls aus einem Substrat 2 eines bestimmten Material-Leitfähigkeitstyps, z.B. des Typs P, in dem an der Oberfläche eine Wanne 19 vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeitstyp, also vom Typ N, eindiffundiert ist. An der Oberfläche sind in der Wanne 19 die Steuerelektrode 18 und vier Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 16 der Elektroden des Hallelementes 1a eindiffundiert. Zwischen den zwei parallelen und annähernd gleich langen Kontaktdiffusionsschichten 13 und 15 ist die annähernd gleich lange Steuerelektrode 18 parallel angeordnet. Die beiden Kontaktdiffusionsschichten 13 und 15 sowie die Steuerelektrode 18 sind z.B. rechteckförmig. Die beiden restlichen Kontaktdiffusionsschichten 14 und 16 sind ausserhalb der Fläche der Steuerelektrode 18 z.B. auf derjenigen Symmetrieachse der beiden Kontaktdiffusionsschichten 13 und 15 sowie der Steuerelektrode 18 angeordnet, die parallel zu der Länge der Kontaktdiffusionsschichten 13 und 15 verläuft. Von den beiden Kontaktdiffusionsschichten 14 und 16 ist in der Fig. 3 nur der Anschlusskontakt 9 der Kontaktdiffusionsschicht 14 sichtbar. Jede der vier Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 16 ist stark mit Fremdatomen dotiert und vom gleichen Material-Leitfähigkeitstyp wie die Wanne 19, d.h. vom Typ N^+ . Sie besitzen je einen Anschlusskontakt 8, 9, 10 bzw. 11 mit je einem Anschluss C2, S1, C1 bzw. S2. Die Kontaktdiffusionsschicht 15 mit ihrem Anschlusskontakt 10 bildet eine erste Stromelektrode, die Kontaktdiffusionsschicht 13 mit ihrem Anschlusskontakt 8 eine zweite Stromelektrode, die Kontaktdiffusionsschicht 14 mit ihrem Anschlusskontakt 9 eine erste Sensorelektrode und die Kontaktdiffusionsschicht 16 mit ihrem Anschlusskontakt 11 eine zweite Sensorelektrode. Die zweite Sensorelektrode liegt mit ihrem Anschluss S2 vor der Schnittebene

der Fig. 3 und ist aus diesem Grunde in der Fig. 3 nicht sichtbar. Die Steuerelektrode 18 besitzt einen Steueranschluss W und ist vom entgegengesetzten Material-Leitfähigkeits-Typ wie die Wanne 19, d.h., sie ist vom Typ P. Die Diffusionstiefen aller Kontaktdiffusionsschichten 13 bis 16 sowie diejenige der Steuerelektrode 18 sind z.B. annähernd gleich gross. Die Steuerelektrode 18 ist dermassen an einer elektrischen Spannung zu legen, dass der P/N-Übergang zwischen der Steuerelektrode 18 und der Wanne 19 in Sperr-Richtung gepolt ist. Die dadurch entstehende Verarmungszone hat eine Breite d. Sie ist in der Fig. 3 ebenfalls gestrichelt dargestellt. Ein mit dem Hallelement 1a zu messendes Magnetfeld \vec{H} muss diesmal senkrecht zur Oberfläche des Substrates 2 wirksam sein.

Das Hallelement 1a kann in einer dritten Variante das in der Fig. 4 dargestellte Hallelement sein. Es ist ähnlich aufgebaut wie das in der Fig. 3 dargestellte Hallelement 1a, nur dass die Steuerelektrode 18 diesmal nicht in die Wanne 19 eindiffundiert ist, sondern an der gleichen Stelle wie in der Fig. 3 auf der Oberfläche der Wanne 19 und von dieser durch eine dünne Isolationsschicht 20 getrennt als elektrisch gut leitende Schicht aus Metall oder Polysilizium aufgetragen ist. Die Isolationsschicht 20 besteht z.B. aus SiO_2 . Die Steuerelektrode 18 arbeitet hier als «Gate», und eine an ihr anstehende Spannung erzeugt je nach Polarität und Wert der anliegenden Spannung in der darunterliegenden Oberflächenschicht der Wanne 19 eine Verarmungs- oder eine Anreicherungszone («Depletion»- oder «Enhancement-layer») der Dicke d. Diese Zone ist auch in der Fig. 4 gestrichelt dargestellt.

Die in der Fig. 5 dargestellte Regelschaltung 1d besteht aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen R3 und R4, deren gemeinsamer Pol den Ausgang Q der Regelschaltung 1d bildet und deren anderer Pol jeweils einen Sollwert- bzw. einen Istwert-Eingang A bzw. D der Regelschaltung 1d darstellt. Der Verstärkungsfaktor dieser Regelschaltung 1d ist kleiner als Eins.

Die in der Fig. 6 dargestellte Regelschaltung 1d entspricht annähernd der in der Fig. 5 dargestellten Schaltung, nur dass zusätzlich zwischen dem Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d und dem zugehörigen Widerstand R4 ein Spannungsfolger 21 geschaltet ist. Der Spannungsfolger 21 besteht vorteilhaft aus der an sich bekannten Schaltung eines Operationsverstärkers 22, dessen Ausgang mittels einer Kurzschlussverbindung mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 22 verbunden ist und dessen nichtinvertierender Eingang den Eingang des Spannungsfolgers 21 bildet. Der Eingangsstrom dieser Regelschaltung 1d ist wegen des hochohmigen Eingangs des Spannungsfolgers 21 sehr niedrig. Ihr Verstärkungsfaktor ist allerdings ebenfalls kleiner als Eins.

Die in der Fig. 7 dargestellte Regelschaltung 1d besteht aus einem Differenzverstärker 23, dessen Ausgang den Ausgang Q der Regelschaltung 1d bildet und dessen beide Eingänge je einen Sollwert- bzw. Istwert-Eingang A bzw. D der Regelschaltung 1d darstellen. Der Differenzverstärker 23 ist z.B. die an sich bekannte, mittels eines Operationsverstärkers 22 aufgebaute Schaltung eines rückgekoppelten Verstärkers. Der Ausgang des Operationsverstärkers 22 ist dabei mit Hilfe eines Widerstandes R5 auf den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers 22 rückgekoppelt, der seinerseits noch über den Widerstand R3 auf den Sollwert-Eingang A der Regelschaltung 1d geführt ist. Der nichtinvertierende Eingang des Operationsverstärkers 22 ist über den Widerstand R4 mit dem Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d verbunden. Der Verstärkungsfaktor dieser Regelschaltung kann grösser als Eins sein.

In den beiden Figuren 6 und 7 ist der Operationsverstärker 22 jeweils von der Speisespannung $+V_{DD}$; $-V_{SS}$ gespeist.

Die in der Fig. 8 dargestellte Regelschaltung 1d entspricht annähernd der in der Fig. 5 dargestellten Schaltung, nur dass zusätzlich zwischen dem Sollwert-Eingang A und seinem zugehörigen Widerstand R3 eine Reihenschaltung der «Source-Drain»-Strecken von m MOS-Transistoren T_1 bis T_m und zwischen dem Istwert-Eingang D und seinem zugehörigen Widerstand R4 eine Reihenschaltung der «Source-Drain»-Strecken von n MOS-Transistoren T_{m+1} bis T_{m+n} geschaltet ist, wobei im letzten Fall der Istwert-Eingang D mit dem «Gate» des ersten der n MOS-Transistoren T_{m+1} und die «Source» des ersten der n MOS-Transistoren T_{m+1} mit einem, nämlich dem positiven Pol $+V_{DD}$ der Speisespannung $+V_{DD}$; $-V_{SS}$ verbunden sind. Alle anderen «Gates» der MOS-Transistoren sind jeweils mit dem «Drain» und das Substrat aller MOS-Transistoren T_1 bis T_{m+n} jeweils mit der «Source» des zugehörigen Transistors verbunden. Alle MOS-Transistoren sind z.B. gleich, und in der Fig. 8 wurde das Vorhandensein von N-Kanal MOS-Transistoren des Anreicherungstyps angenommen. Wenn die ganzzahligen Werte m und n so gewählt werden, dass die Gleichung $m \cdot R_4 = n \cdot R_3$ erfüllt ist, dann ist diese Regelschaltung 1d annähernd unabhängig von der Temperatur T. Da der «Gate»-Eingang eines MOS-Transistors sehr hochohmig ist, ist der Istwert-Eingang D ebenfalls hochohmig und sein Eingangsstrom I_0 sehr klein und praktisch annähernd gleich Null. Der von der Speisespannung $+V_{DD}$; $-V_{SS}$ zu liefernde Speisestrom I_{DD} ist ebenfalls sehr klein, selbst wenn die beiden Widerstände R3 und R4 niederohmig sind.

Der in den Figuren 9 und 10 dargestellte Kompensations-Schaltkreis 1c besteht aus einem temperaturempfindlichen Element. In der Fig. 9 ist das temperaturempfindliche Element ein temperaturabhängiger Widerstand R_T . In der Fig. 10 ist das temperaturempfindliche Element eine Reihenschaltung von n in Durchlassrichtung gepolten Dioden D_1, D_2, \dots, D_n . Die beiden Pole des temperaturabhängigen Widerstandes R_T bzw. die beiden Pole der Reihenschaltung stellen dabei jeweils die beiden Anschlüsse K und L des Kompensations-Schaltkreises 1c dar. Bei Verwendung des Kompensations-Schaltkreises 1c besteht die Regelschaltung 1d im Extremfall z.B. nur aus einer Drahtverbindung, die den Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d mit deren Ausgang Q verbindet. Die Figur 11 enthält drei Kennlinien a, b und c. Die Kennlinie a stellt den durch den Speisestrom I im Hallelement 1a erzeugten Spannungsabfall V_s , die Kennlinie b die Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a ohne Temperaturkompensation und die Kennlinie c die Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a mit Temperaturkompensation jeweils in Funktion der Temperatur T dar. Alle dargestellten Kennlinien a, b und c sind annähernd gerade Linien, wobei mit jeweils steigenden Temperaturen T die Kennlinie a steigende Werte, die Kennlinie b sinkende Werte und die Kennlinie c konstante Werte besitzt.

Das in der Fig. 1 dargestellte Hallelement 1a ist durch die Stromquelle 1b stromgespeist. Für ein stromgespeistes Hallelement 1a gelten die folgenden Gleichungen:

$$B_H = (R_H / t_{eff}) \cdot I \cdot B \quad (1),$$

$$S = (a V_H / a B) / I = R_H / t_{eff} \quad (2) \text{ und}$$

$$V_s = R \cdot I \quad (3),$$

wobei die einzelnen Parameter die folgende Bedeutung haben:

$25 V_H$: Hallspannung,

R_H : Hallkoeffizient,

t_{eff} : wirksame Dicke des Hallelementes 1a,

I: Speisestrom innerhalb des Hallelementes 1a,

B: Induktion μH eines zu messenden Magnetfeldes H,

S: Empfindlichkeit des Hallelementes 1a pro Stromeinheit,
 Vs: im Hallelement 1a durch den Speisestrom I erzeugter
 Spannungsabfall und
 R: elektrischer Widerstand des Hallelementes 1a.

Unter dem Einfluss der Temperatur T ändert sich hauptsächlich der Wert des elektrischen Widerstandes R und der Wert der wirksamen Dicke t_{eff} . Der Wert des elektrischen Widerstandes R und der Wert der wirksamen Dicke t_{eff} steigt dabei mit steigender Temperatur T. Soll die Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a, die gemäss der Kennlinie b der Fig. 11 einen mit steigender Temperatur sinkenden Verlauf besitzt, temperaturkompensiert, d.h. bei variabler Temperatur T konstant gehalten werden, so ist die wirksame Dicke t_{eff} des Hallelementes 1a annähernd konstant zu halten. Dies geschieht mit Hilfe der Steuerelektrode 18 (siehe die Figuren 2 bis 4) des Hallelementes 1a und mit Hilfe einer Regelung, deren Sollwert die konstante Referenzspannung V_{Ref} und deren Istwert mindestens den im Hallelement 1a durch den Speisestrom I erzeugten Spannungsabfall V_s enthält. Dieser Istwert enthält nämlich ausschliesslich den Spannungsabfall V_s wenn der Kompensations-Schaltkreis 1c nur aus einer Drahtverbindung zwischen den Anschlüssen K und L besteht. Wenn der Kompensations-Schaltkreis 1c aus einem temperaturempfindlichen Element besteht, dann enthält die am Istwert-Eingang D der Regelschaltung 1d anstehende Spannung, d.h. der Istwert, noch zusätzlich einen im temperaturempfindlichen Element durch den Speisestrom I erzeugten Spannungsabfall V_T .

Die Regelung erfolgt somit mit der Regelschaltung 1d, die eine konstante Sollwert-Eingangsspannung V_{Ref} und eine Spannung am Istwert-Eingang D besitzt, die mindestens den im Hallelement 1a durch den Speisestrom I erzeugten Spannungsabfall V_s enthält. Der Ausgang Q der Regelschaltung 1d, der über den Steueranschluss W mit der Steuerelektrode 18 des Hallelementes 1a verbunden ist, wirkt über diese

Steuerelektrode 18 dermassen auf die wirksame Dicke t_{eff} des Hallelementes 1a ein, dass diese annähernd konstant bleibt und somit die Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a annähernd unabhängig von der Temperatur T wird. Mit steigender Temperatur T steigt der Wert des elektrischen Widerstandes R und gemäss Gleichung (3) auch der Wert des Spannungsabfalls V_s (siehe Kennlinie a der Fig. 11). Der mit der Temperatur T steigende Wert des Spannungsabfalls V_s wird in der Regelschaltung 1d mit dem Sollwert V_{Ref} verglichen und erzeugt anschliessend mit Hilfe der Steuerelektrode 18 eine Verkleinerung der wirksamen Dicke t_{eff} des Hallelementes 1a. Er wirkt somit der durch die steigende Temperatur T verursachten Vergrösserung der wirksamen Dicke t_{eff} des Hallelementes 1a entgegen, so dass diese und damit auch die Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a trotz steigender Temperatur T konstant bleibt (siehe Fig. 11, Kennlinie c). Sinkt die Temperatur T dagegen, so geschieht das gleiche in umgekehrter Richtung.

Über einen relativ grossen Temperaturbereich, z.B. in der Grössenordnung von -50°C bis $+80^\circ\text{C}$, ist so ein Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a von annähernd $\pm 0,01\%/^\circ\text{C}$ erreichbar.

Die wirksame Dicke t_{eff} des Hallelementes 1a ist auch vom Speisestrom I abhängig. Da der im Istwert zumindest enthaltene Spannungsabfall V_s nicht nur über R eine Funktion der Temperatur, sondern gemäss der Gleichung (3) auch eine Funktion des Speisestromes I ist, regelt die Regelschaltung 1d auch den Einfluss einer eventuellen Variation des Speisestromes I aus, so dass die Abhängigkeit der wirksamen Dicke t_{eff} und damit auch die Abhängigkeit der Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a vom Speisestrom I kompensiert oder zumindest stark reduziert wird. Dies führt zu einer Linearisierung der Kennlinie der Empfindlichkeit S des Hallelementes 1a in Funktion des Speisestromes I über einen relativ grossen Strombereich, z.B. in der Grössenordnung von 0,1 bis 10 mA.

Fig. 1

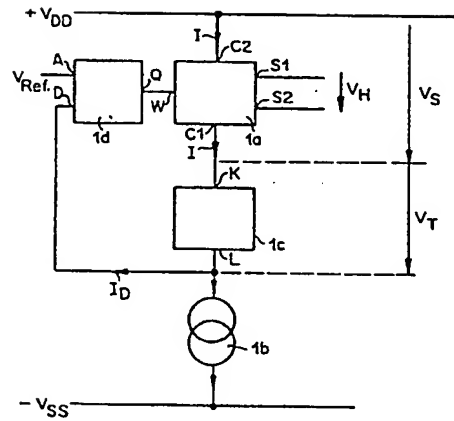


Fig. 2

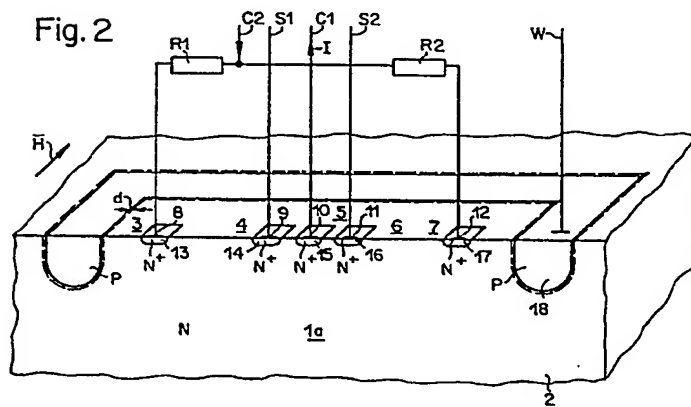


Fig. 3

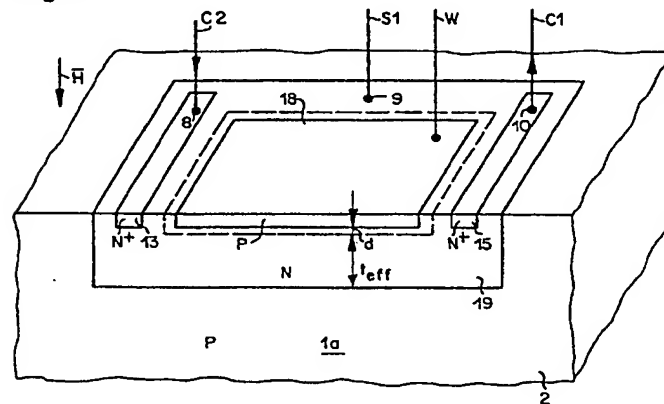


Fig. 4

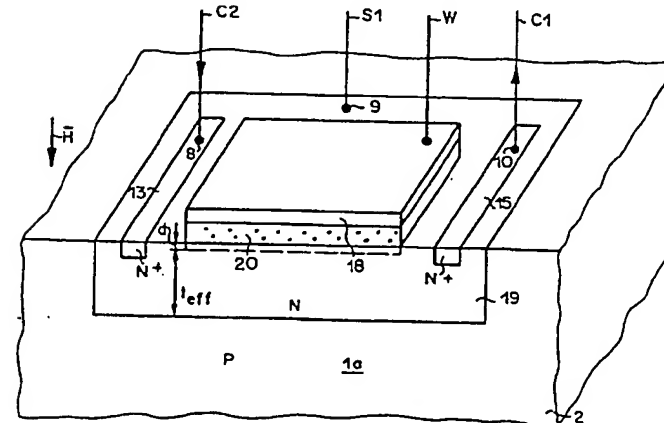


Fig. 5

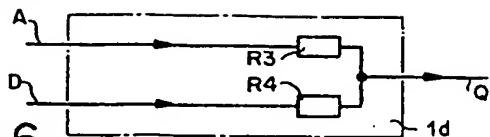


Fig. 6

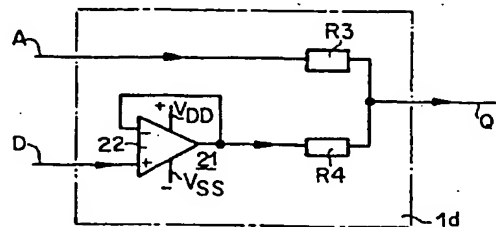


Fig. 7

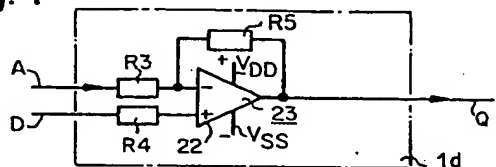


Fig. 8

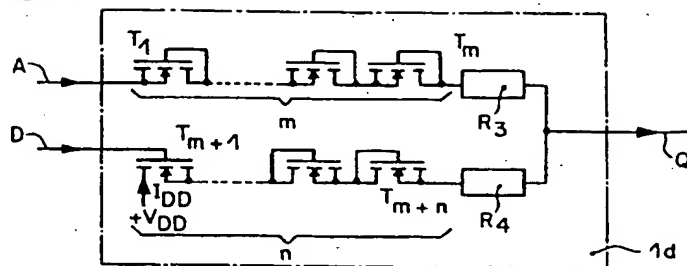


Fig. 9

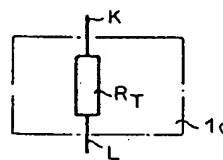


Fig. 10

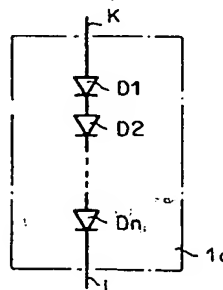
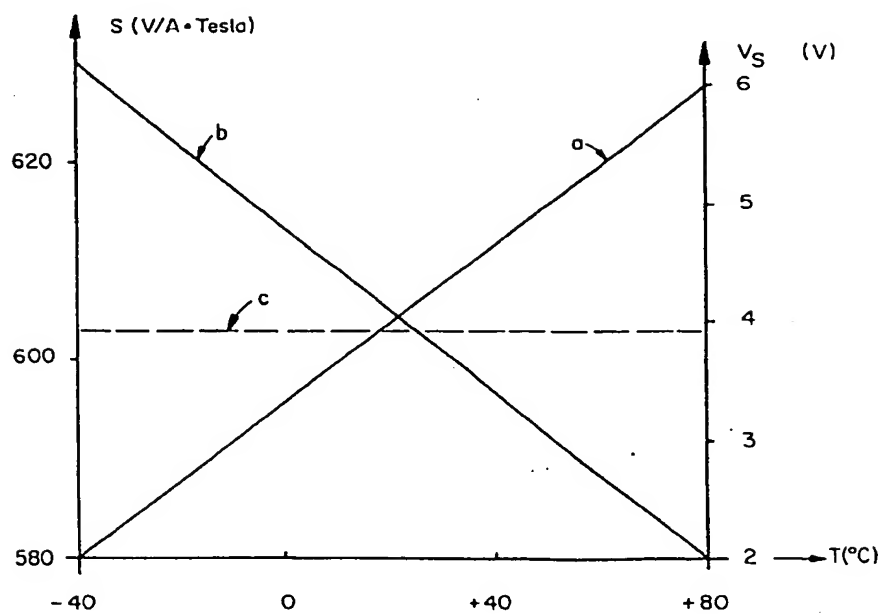


Fig. 11



THIS PAGE BLANK (USPTO)